

УДК 551.345

ИЗ ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ В НАУКЕ

¹Воронова И.В., ²Гребенюк Г.Н.

¹Институт криосферы Земли СО РАН, Тюмень, e-mail: irina_1991@mail.ru;

²ЗАО «Тюменский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа», Тюмень, e-mail: Galina.Grebenuk@tnipi.ru

В статье дан обзор истории геокриологических исследований. Приведены сведения о советских ученых, комитетах и организациях, внесших неоценимый вклад в становление мерзлотоведения, как самостоятельной отрасли знания. Отражены наиболее значимые результаты исследований, послужившие основой для составления первых карт криолитозоны и создания научно-методических основ инженерно-геокриологического районирования. В статье затронуто и современное состояние вопроса по поиску наиболее подходящих критериев для составления стоимостных и крупномасштабных карт криолитозоны и закономерностей формирования зональных и региональных мерзлотных факторов. Установлена недостаточная изученность вопроса районирования территорий по инженерно-геокриологическим условиям, которая объясняется отсутствием объективной оценки инженерно-геологических условий исследуемых территорий, изменением геокриологических условий в результате техногенного воздействия, отсутствием единой базы данных о проведенных геокриологических исследованиях.

Ключевые слова: мерзлотоведение, геокриология, геокриологическая карта, инженерно-геокриологическое районирование, картирование

FROM THE HISTORY OF FORMATION PERMAFROST DIRECTIONS IN SCIENCE

¹Voronova I.V., ²Grebenuk G.N.

¹Earth Cryosphere Institute, SB RAS, Tyumen, e-mail: irina_1991@mail.ru;

²Tyumen Oil and Gas Research and Design Institute, Tyumen, e-mail: Galina.Grebenuk@tnipi.ru

The article provides an overview of the history of permafrost research. The information about the Soviet scientists, committees, and organizations who have made an invaluable contribution to the establishment of Permafrost, as an independent branch of knowledge. It reflected the most important results of the research served as a basis for drawing up the first maps of the permafrost zone and the creation of scientific and methodological foundations of engineering geocryological zoning. The article touched upon the current state of the question to find the most appropriate criteria for drawing up cost and large-scale maps Cryolithozone and laws of formation of zonal and regional permafrost factors. Insufficient study of a question of division into districts of the territories on engineering and geocryologic conditions which is explained by absence of objective assessment of engineering-geological conditions of the researched territories, change of geocryologic conditions as a result of technogenic influence, absence of the uniform database about the conducted geocryologic researches is set.

Keywords: permafrost, geocryology, permafrost maps, engineering geocryological zoning, mapping

В конце 60-х годов интенсивный рост нефтяной и газовой промышленности на севере Западной Сибири вызвал необходимость изучения инженерно-геокриологических условий. С 1971 года, после того, как была доказана экономическая эффективность инженерно-геокриологических съемочных и прогнозных работ, опережающих изыскания, стали проводиться комплексные площадные инженерно-геокриологические исследования [1] и разрабатываться подробные геокриологические карты [6].

Цель исследования: проанализировать наиболее значимые исследования, в результате которых сформировалась научно-методическая база геокриологического направления в науке.

Материалы и методы исследования

Обзор литературных данных по теме исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

Мерзлотоведение, как новая отрасль геолого-географических и геотехнических знаний, сформировалась к середине XX века. Истоками послужили результаты исследований, выполненных такими учеными как: А.Ф. Миддендорф, А.И. Воейков, Л.А. Ячевский, В.А. Обручев, Б.Б. Полюнов, А.В. Львов, М.И. Сумгин, А.А. Григорьев и др. [16]. Геокриология возникла из потребностей практики, и ее развитие отражает процесс народнохозяйственного освоения Сибири, Дальнего Востока и северо-востока СССР [14].

Академик А.Ф. Миддендорф впервые установил зависимость глубины летнего протаивания мерзлых пород от их литологического состава и теплопроводности (в начале сороковых годов XIX в.). Л.А. Ячев-

ский в 1889г. опубликовал схематическую карту распространения многолетнемерзлых пород, дал их южную границу [15] и разработал «Программу для собирания сведений о вечной мерзлой почве и ледяных слоях».

Первые карты криолитозоны (с конца XIX в. до 40-х гг. XX в.) имели одну или две схематично показанные мерзлотные характеристики и давали представление о зональном изменении многолетнемерзлых толщ (карты А.Ф. Миддендорфа, Г. Вильда, Л.А. Ячевского, В.Б. Шостаковича, А.В. Львова, М.И. Сумгина, В.Ф. Тумеля) [4].

Обобщение первоначально накопленных знаний о криолитозоне впервые было сделано М.И. Сумгиным в 1927 г. в его широко известном капитальном труде «Вечная мерзлота почвы в пределах СССР», с которым связывается становление геокриологии (мерзловедения) как самостоятельной отрасли знания [6].

Систематические геокриологические и гидрогеологические исследования начали проводиться Комиссией по изучению вечной мерзлоты в 30-х гг. в Восточной Сибири – в районе Братска (Баранов, 1931 – 1932), в Прибайкалье (Дурденевская, 1932; Писарев, 1935; Тумель, 1935) и в других местах. Обширные экспедиционные исследования были проведены в 1932 – 1935 гг. на Дальнем Востоке, в связи с изысканиями и проектированием Байкало-Амурской железнодорожной магистрали, которые потребовали организации и расширения экспериментальных исследований физико-механических свойств мерзлых горных пород как оснований, среды и материала сооружений [14].

В 1937 г., впервые в истории геокриологических исследований, была опубликована крупная работа Н.А. Цытовича и М.И. Сумгина – «Основания механики мерзлых грунтов». В этой работе были подведены итоги исследований физических, физико-механических свойств мерзлых грунтов и их взаимодействия с сооружениями. Обобщающей работой после книги Н.А. Цытовича и М.И. Сумгина (1937), явилась работа Н.А. Цытовича «Принципы механики мерзлых грунтов» (1952) [14].

Комитетом по вечной мерзлоте и Институтом мерзловедения изучались особенности залегания, распространения и температурного режима мерзлых пород и связанные с ними криогенные явления. Обобщение результатов геокриологических исследований на территории СССР и составление геокриологических карт основывались преимущественно на количественных характеристиках зон мерзлых почв и горных пород – их мощности, темпера-

туре, распространении, глубине залегания, иногда, с учетом ледяных включений в них. Принципы районирования и картирования многолетней криолитозоны мало связывались с особенностями теплообмена земной коры с атмосферой [14].

И.Я. Баранов (1938) считал необходимым учет геологических признаков для разграничения качественно однородных участков криолитозоны. Тогда же К.И. Лукашев районировал многолетнюю криолитозону, разделив область «вечной мерзлоты» на 10 крупных геолого-геоморфологических районов, отличающихся между собой не только по устройству рельефа, но и по геологическому строению (1938) [14].

В 50-е годы составлены мерзлотные карты В.А. Кудрявцева, И.Я. Баранова, А.И. Попова, А.И. Калабина, П.И. Мельникова, И.А. Некрасова и др. в масштабах 1:40 000 000 – 1:20 000 000. В 60-е годы И.Я. Барановым была составлена первая Геокриологическая карта СССР в масштабе 1:10 000 000, обобщившая накопленные сведения о распространении, мощности, составе сезонно- и многолетнемерзлых пород, их среднегодовых температурах и физико-географических явлениях [4].

П.Ф. Швецовым и В.К. Яновским в 1950 г. была предпринята попытка геокриологического районирования северо-восточной части многолетней криолитозоны по температуре, мощности, составу, строению и степени прерывистости мерзлоты. В 1954 г. В.А. Кудрявцев провел районирование криолитозоны по температурному признаку с учетом геоморфологических особенностей и выделил 47 «мерзлотно-температурных районов» [14].

А.И. Попов предложил районирование многолетней криолитозоны по историко-геологическому признаку, основой которого являются две составляющих: 1) геологическое и геотектоническое строение и 2) закономерности распределения льда в мерзлых породах, как наиболее существенный показатель историко-геологических условий их формирования (1953). На этой основе им было выделено 20 районов [14].

Значительным шагом вперед в геокриологическом картировании является вышедший в 1976 г. комплект из трех инженерно-геологических карт в масштабе 1:1 500 000 на область распространения многолетнемерзлых пород (ММП) в пределах Западно-Сибирской плиты под редакцией Е.М. Сергеева и в 1986 г. – комплект из двух карт в масштабе 1:1 000 000 под редакцией В.Т. Трофимова [4].

Большое число карт в разных масштабах было составлено на Южную Якутию,

Забайкалье, Западную Сибирь, юг Средней и Восточной Сибири. В начале 70-х годов на кафедре геокриологии геологического факультета МГУ было начато и к 1985 г. закончено составление новой Геокриологической карты СССР масштаба 1:2 500 000, которая была опубликована в 1997 г. под редакцией Э.Д. Ершова [4].

В 1965 – 1970 гг. в соответствии с задачами комплексного исследования природы и хозяйства Западной Сибири выполнялась программа работ по проблеме «Природные ресурсы Сибири и их народнохозяйственное использование», включавшая следующие темы:

Физико-географическое и инженерно-географическое районирование Западной Сибири для промышленных и сельскохозяйственных целей.

Оценка мерзлотных условий Западной Сибири и др. [7].

Инженерно-геологическое изучение северных районов Западной Сибири – Полуй – Надым-Пуровского междуречья и Тазовского полуострова вел В.Т. Трофимов. В районе Тазовского газового месторождения проводились мерзлотная и геоморфологическая съемки в целях выяснения условий эксплуатации газовых скважин (Н.А. Шполянская, И.Д. Данилов, А.Г. Костяев). На основе разработанных материалов выполнена карта вечной и сезонной мерзлоты на территории Ямало-Ненецкого округа для перспективного планирования градостроительства (Н.А. Шполянская, А.Г. Костяевым, И.Д. Даниловым, В.П. Евсеевым и др.). В результате комплексных мерзлотных исследований составлен ряд мерзлотных карт на территорию Западной Сибири [7].

Трофимовым В.Т. совместно с Е.М. Сергеевым и А.С. Герасимовой были составлены и изданы «Инженерно-геологическая карта Западно-Сибирской плиты», геологическая и геоморфологическая карты, карты распространения и температур многолетнемерзлых пород, генетических типов и льдистости, мощности многолетнемерзлых пород, инженерно-геологических условий на подавляющую часть районов Западно-Сибирской плиты и всю Тюменскую область [11].

Взаимосвязь динамики растительного покрова и вечной мерзлоты изучалась А.П. Тыртиковым в 1949, 1950, 1957 – 1959 гг. в Игарском районе, в 1959 г. в долине р. Хантайка, в 1961 г. в бассейне р. Ярудей, в 1965 – 1966 гг. в среднем течении р. Таз и на отдельных участках Тазовско-Пуровского и Тазовско-Енисейского междуречий. Исследовалось протаивание, промерзание и температура грунтов на участках

последовательно сменяющихся растительных сообществ, после чего, Тыртиковым А.П. были установлены закономерные изменения вечной мерзлоты, обусловленные динамикой растительного покрова [12].

Исследованиями Тазовского полуострова и бассейнов рек Надым и Пур занимались: Ю.Ф. Андреев (1960, 1962), Е.Б. Белопахова (1962 и др.), Г.И. Дубиков (1962), Ж.М. Белорусова (1963). Общие региональные закономерности мерзлотных условий Западно-Сибирской плиты (территории Тазовского полуострова и бассейнов рек Пур и Надым, в частности) в общих чертах освещены в монографиях А.И. Попова (1953), В.В. Баулина и др. (1967). А.В. Груздов, В.Т. Трофимов, Н.А. Филькин на основе собранных материалов по состоянию на конец июня 1969 г. составили мерзлотную карту, отражавшую основные закономерности распространения, строения и температур многолетнемерзлых пород в зависимости от геолого-геоморфологических условий и географических особенностей территории [3].

С 1971 по 1979 г. под руководством С.Е. Гречищева и Е.С. Мельникова проводились инженерно-геокриологические комплексные исследования территории Пур-Надымского междуречья, левобережья среднего течения р. Надым и юга Тазовского полуострова. Инженерно-геокриологическое изучение данного региона проводилось на ландшафтной основе. В состав работ входили инженерно-геологическая съемка масштабов 1:25000 – 1:100000, стационарные исследования режима геокриологических условий, лабораторное изучение свойств горных пород, теоретические и методические разработки в области инженерно-геокриологического картирования и прогнозирования, аналоговое и математическое моделирование [1].

Вопросами мерзлотного районирования занимался В.В. Баулин (1967). За единицу мерзлотного районирования была взята «зона», в основу выделения которой положено устойчивое свойство мерзлой толщи, незначительно изменяющееся в пространстве и времени – строение мерзлых толщ по вертикали. В условиях Западной Сибири было выделено три мерзлотных зоны: северная, центральная и южная [2].

В 1976 г. Трофимов В.Т. в своей диссертации предложил новое определение понятия «инженерно-геологическое районирование» как совокупности теоретических положений и методических приемов, направленных на выявление в пространстве объективно существующих территориальных элементов, обладающих какими-либо общими инженерно-геологическими при-

знаками, отграничение их от территорий, этими признаками не обладающих, их картографирование и описание [11].

В ходе многолетних комплексных инженерно-геокриологических исследований ОАО «ПНИИИС» в различных районах криолитозоны была разработана методика инженерно-геокриологического районирования и картирования, согласно которой картируемые компоненты геологической среды, набор показателей и признаков районирования дифференцируются в зависимости от стадии проектирования. Методика нашла отражение в таких нормативно-методических документах, как «Рекомендации по геокриологической съемке и районированию равнинных территорий для размещения объектов нефтяной и газовой промышленности по стадиям проектирования» 1984 года, «Рекомендации по производству опережающих исследований для строительства в районах распространения вечномёрзлых грунтов» 1986 года и в СП 11–105–97 и др. [13].

В 1987 г. Л.С. Гарагуля, Э.Д. Ершов, К.А. Кондратьева, Л.Н. Хрусталева составили карту инженерно-геокриологического районирования территории СССР, на которой выделено восемь регионов с соответствующими группами областей в них. При районировании авторами карты учитывались: генетический тип микрорельефа, преобладающие формации четвертичных пород и генетические комплексы четвертичных отложений, среднегодовая температура и соответствующее ей распространение многолетнемерзлых толщ. Каждая выделенная область была охарактеризована типом промерзания верхнего (10–20 м) горизонта пород, мощностью многолетнемерзлых толщ, льдистостью четвертичных отложений и дочетвертичных скальных и полускальных пород, выходящих на поверхность и залегающих до глубины 10 м [5].

Л.С. Гарагуля, Э.Д. Ершов, К.А. Кондратьева, Л.Н. Хрусталева отмечают, что для выбора принципа использования многолетнемерзлых пород в качестве оснований инженерных сооружений необходима информация не только об инженерно-геокриологических условиях осваиваемого региона, но и о самих сооружениях. Отсутствие информации о сооружениях в большинстве случаев не позволяет однозначно принять решение о принципе строительства [5].

Хрусталева Л.Н. и Пустовойт Г.П. в 1987 г. разработали методику составления и применения стоимостных карт для застройки территории типовыми гражданскими зданиями. Исследования показали, что пространственную изменчивость стоимости определяют следующие параметры: грун-

товый разрез, глубина залегания верхней границы ММП, температура ММП у подошвы слоя годовых теплооборотов. Эти параметры были приняты в качестве главных классификационных признаков для расчленения застраиваемой территории на участки с постоянной стоимостью освоения [5].

Методика составления стоимостной карты по Хрусталева Л.Н. и Пустовойту Г.П. заключалась в расчленении исследуемой территории на однородные инженерно-геокриологические участки с указанными выше классификационными признаками и определении для каждого выделенного инженерно-геокриологического участка оптимальной суммарной стоимости применительно к строительству здания по принципу I и II [5].

История геокриологического исследования Западной Сибири до 1987 г. обобщена Некрасовым И.А. на основе обзора около 1500 работ. Обобщение практически всех имеющихся к тому времени данных позволило оценить общие закономерности строения криолитозоны региона, провести анализ геокриологического районирования и разномасштабных тематических карт. Одной из первоочередных задач он считал дальнейшее продолжение инженерно-геологической съемки более крупного масштаба, например 1 : 500 000 или 1 : 200 000 [6].

Вопрос инженерно-геокриологического картирования актуален в настоящее время. Это подтверждают слова Шамановой И.И. о том, что «районирование и картирование территории – важная составляющая инженерно-геологических изысканий на всех стадиях проектирования» [13]. В связи с тем, что ММП характеризуются высокой степенью чувствительности к техногенным воздействиям – необходимо учитывать большое число компонентов геологической среды при выборе признаков и показателей районирования [13].

Савинцев И.А. работал над выявлением факторов формирования инженерно-геологических условий долинных областей криолитозоны ЯНАО и основных закономерностей их пространственной изменчивости (2012) и пришел к следующим выводам:

1. Инженерно-геологические условия территории долинных областей криолитозоны весьма специфичны и определяются особенностями строения четвертичных отложений, составом и свойствами горных пород, своеобразием ландшафтно-геоморфологических, гидрогеологических условий, развитием ММП, наличием деятельного слоя, развитием экзогенных геологических процессов и связанных с ними явлений [9].

2. Основными факторами, определяющими глубины слоя сезонного оттаивания

и сезонного промерзания в пределах длинных областей криолитозоны, являются: климатические особенности, характер и тип растительности, геоморфологические особенности, различная мощность снежного покрова, характер развития ММП, значительная амплитуда колебаний годовых температур на поверхности, литологический состав пород и их влажность, теплофизические характеристики пород [9].

Попова А.А. занималась геоинформационным картографическим моделированием инженерно-геокриологических условий севера Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Поповой А.А. был проведен пространственный анализ инженерно-геокриологических условий, который позволил выделить основные типы разрезов с характерными свойствами наиболее распространенных геолого-генетических комплексов отложений и уточнить региональную шкалу типов распространения мерзлых пород с различной глубиной залегания их кровли и средними годовыми температурами [8].

Скапинцев А.Е. выполнял типизацию инженерно-геокриологических условий на территории Ванкорского месторождения на основе анализа продольных геологических профилей по трассе трубопровода и физико-механических свойств грунтов, слагающих разрез. При этом было учтено следующее:

- дифференциация участков распространения талых и многолетнемерзлых грунтов;
- распределение участков распространения сливающихся и несливающихся ММП;
- наличие участков развития перелетков, таликов, подземных льдов;
- разделение грунтов по литологическому составу (суглинки, супеси, пески, коренные породы, торфа);
- распределение разрезов, сложенных грунтами разных степеней льдистости за счет ледяных включений, текучести, водонасыщенности и т.д.;
- наличие участков с большой мощностью торфов [10].

Заключение

Выполненный обзор теоретического материала позволяет сделать вывод о том, что с момента промышленного освоения территорий с мерзлыми породами идет непрерывный сбор данных о свойствах криолитозоны, ведутся работы по созданию геокриологических карт, районированию территории по инженерно-геокриологическим условиям и другим характеристикам. Но вместе с тем, авторами установлена недостаточная изученность данного вопроса, которая объясняется, прежде всего, отсутствием объ-

ективной оценки инженерно-геологических условий исследуемых территорий, изменением геокриологических условий в результате техногенного воздействия, отсутствием единой базы данных о проведенных геокриологических исследованиях. В методиках инженерно-геологического районирования, при типизации территории и составлении геокриологических карт чаще всего учитывались такие характеристики грунтов, как литология, плотность, льдистость, засоленность, температура – без учета таких показателей, как расчетное сопротивление мерзлого грунта под нижним концом сваи, механических характеристик деформируемости – коэффициента сжимаемости, коэффициента оттаивания и прочностных характеристик.

Результаты детализации инженерно-геологических свойств на примере перспективных нефтегазоносных районов Пур-Тазовского междуречья могут послужить основой для составления геоинформационных карт (инженерно-геологических, геокриологических, подробных стоимостных и др.) и геотехнического мониторинга. Крупномасштабная стоимостная инженерно-геокриологическая карта будет полезна для выбора планировочного решения застройки, принципа использования многолетнемерзлых грунтов в качестве оснований и способа фундаментостроения, а также для определения глубины заложения фундаментов и глубины предварительной подготовки грунтов основания.

Список литературы

1. Геокриологические условия Западно-Сибирской газоносной провинции / ред. Е.С. Мельников. – Новосибирск: Наука, 1983. – 193 с.
2. Геокриологические условия Западно-Сибирской низменности. – М.: Наука: Госстрой СССР. Произв. и науч.-исслед. ин-т по инж. изысканиям в строительстве, 1967. – 214 с.
3. Груздов А.В. Основные закономерности распространения, строения толщ и температур многолетнемерзлых пород Тазовского полуострова и бассейна рек Надым и Пур. Природные условия Западной Сибири / А.В. Груздов, В.Т. Трофимов, Н.А. Филькин. – 1972. – № 2. – С. 115–133.
4. Ершов Э.Д. Общая геокриология / Э.Д. Ершов. – МГУ, 2002. – 682 с.
5. Ершов Э.Д. Основы геокриологии : Инженерная геокриология. Т. ч. 5 / Э.Д. Ершов. – научное. – М.: МГУ, 1995. – 526 с.
6. Некрасов И.А. История геокриологического исследования Западной Сибири / И.А. Некрасов; ред. В.П. Мельников, Л.Н. Соловьева. – Российская академия наук, Сибирское отделение. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1991. – 267 с.
7. Попов А.И. Природные условия Западной Сибири / А.И. Попов. – 1971. – № 1. – С. 3–5.
8. Попова А.А. Геоинформационное картографическое моделирование инженерно-геокриологических условий севера Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции по верхнему горизонту криолитозоны : инженерная геоло-

- гия, мерзлотоведение и грунтоведение / А.А. Попова. – Тюмень, 2012. – 139 с.
9. Савинцев И.А. Инженерно-геологические условия долинных областей криолитозоны ЯНАО : инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение / И.А. Савинцев. – Екатеринбург, 2012. – 222 с.
10. Скапинцев А.Е. типизация инженерно-геокриологических условий и создание инженерно-геокриологических карт участка проектируемой прокладки трубопроводной системы на территории Ванкорского месторождения / А.Е. Скапинцев. – 2013. – Инженерные изыскания. – № 6. – С. 46–55.
11. Трофимов В.Т. Инженерно-геологическое районирование крупных территорий на основе анализа закономерностей пространственной изменчивости инженерно-геологических условий (на примере Западно-Сибирской плиты) / В.Т. Трофимов. – Москва: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, 1976. – 49 с.
12. Тыртиков А.П. Динамика растительного покрова северной тайги Западной Сибири и вечная мерзлота / А.П. Тыртиков. – 1971. – № 1. – С. 124–135.
13. Шаманова И.И. Особенности инженерно-геологических изысканий в криолитозоне / И.И. Шаманова. – 2008. – Инженерные изыскания. – № 1. – С. 96.
14. Мейстер Л.А. К истории геокриологических исследований в СССР / Л.А. Мейстер, Н.И. Салтыков. – Коми, 1958. – 82 с.
15. Общее мерзлотоведение (геокриология) / В.А. Кудрявцев [и др.]. – 2. – МГУ, 1978. – 464 с.
16. Швецов П.Ф. Геокриология и проблемы освоения севера : Науки о Земле / П.Ф. Швецов, В.П. Ковальков. – 1987. – № 4. – С. 48.